

# 湖南理工职业技术学院

## 毕业设计（论文）

题    目： 4KW 离网式家庭光伏电站设计

年级专业： 2013 级光伏发电技术及应用

学生姓名： 黄永布

指导教师： 曾小波

2016 年 6 月 1 日

## 目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
第一章 绪论.....	1
1.1 我国光伏发电的前景.....	1
1.2 光伏电站发电的原理.....	1
第二章 项目分析.....	3
2.1 地理位置.....	3
2.2 太阳能资源分析.....	3
2.3 家庭建筑面积及安装容量.....	5
第三章 项目设计.....	7
3.1 系统组成结构.....	7
3.2 光伏组件.....	7
3.3 控制器.....	9
3.4 逆变器.....	10
3.5 家庭负载.....	11
3.6 蓄电池.....	12
第四章 项目仿真.....	19
第五章 光伏系统造价.....	20
第六章 总结.....	21
6.1 本光伏系统的优点.....	21
6.2 与普通家庭的比较.....	21

致 谢.....	22
----------	----

参考文献.....	23
-----------	----

## 摘 要

光伏发电是一种最具可持续发展理想特征的可再生资源发电技术,可以有效缓解能源危机。近年来我国政府也相继出台了一系列鼓励和支持太阳能光伏产业发展的政策法规,使得太阳能光伏产业迅猛发展,光伏发电技术和应用水平不断提高,应用范围逐步扩大,我国光伏发电产业的前景十分广阔。

国家能源局官网发布加快贫困地区能源开发建设推进脱贫攻坚实施意见的通知,为贯彻落实中央扶贫开发工作会议精神,充分发挥能源开发建设在脱贫攻坚战中的基础性作用,促进贫困地区经济发展和民生改善,同步迈向小康社会。实施意见主要目标提出,到2020年,全国农村地区能源普遍服务水平显著提高,贫困地区电力普遍服务水平基本达到目前本省(区、市)平均水平;基本实现农村动力电全覆盖;完成200万建档立卡贫困户光伏扶贫项目建设。

本离网式家庭光伏电站设计可以作为农村家庭平房光伏电站设计的指导书,全文首先讲了湖南永州地理位置太阳能资源的概况,其次详细地介绍了光伏电站主要设备的选型、注意事项和计算。基于光伏行业国内的光伏宝辅助工具,对本离网式家庭发电系统进行了模拟和分析。

**关键词:** 离网式 光伏发电 太阳能

## Abstract

Solar photovoltaic power generation is an ideal feature the most sustainable renewable resource power generation technology, can effectively alleviate the energy crisis. In recent years, our government has issued a series of policies and regulations to encourage and support the development of solar photovoltaic industry, making the solar photovoltaic industry, the rapid development of photovoltaic technology and applications has improved continuously, gradually expand the scope of application, prospects of China PV industry is very broad .

National Energy Board official website to speed up poverty-stricken areas of energy development and construction of advance tackling poverty notify the opinions, in order to implement the spirit of the central anti-poverty work session, give full play to the basic role of energy development and construction of the poverty battle in promoting poverty-stricken areas of economic development and people's livelihood improved synchronization towards a well-off society. Opinions main objectives put forward, by 2020, the national energy in rural areas of universal service levels improved significantly, poverty-stricken region electricity universal service has basically reached the current province (autonomous regions and municipalities) average; basic rural power electrically full coverage; completed 2 million to build profile card legislation photovoltaic poor households poverty Alleviation project.

This family-grid PV power plant design can be used as guide books Rural Family Bungalow PV power plant design. The paper first spoke overview of Yongzhou location of solar energy resources, followed by detailed description of the selection PV power plant major equipment, precautions and calculations . Based on the domestic PV industry PV treasure support tool, this family-grid power system was simulated and analyzed.

**Key words:**Stand-alone PV Photovoltaic power generation Solar energy

## 第一章 绪论

### 1.1 我国光伏发电的前景

#### (1) 我国光伏发电的前景

世界太阳能科技和应用发展迅猛,2008 年金融危机后,德国、日本、美国等纷纷调高发展目标。预计太阳能发电将在 2030 年占到世界能源供给的 10%,对世界的能源供给和能源结构调整做出实质性的贡献。截至 2010 年,世界光伏累计装机容量已接近 40GW,近十年平均年增长 45 %,成为发展速度最快的产业之一。

我国从 2007-2012 年连续六年太阳能电池产量世界第一,2010 产量约为 1 0GW,占到全球总产量的 50%,其中 90%以上为出口。但,由于国内光伏企业走的多是买设备、扩产能的粗放式发展道路,2012 年,美国、欧盟、印度先后对我国出口光伏产品提出反倾销、反补贴诉讼,我国光伏产业在“寒冬”中步履维艰,加快光伏内需市场发展,尤其是推动分布式光伏发电发展,成为我国光伏产业发展的主要出路。

#### (2) 家庭光伏电站具有一定的建设外部条件要求

太阳能资源分布不均匀,我国有些地区发展家庭光伏电站受到所处地域太阳能资源的限制。我国太阳能资源分布的状况:西部资源多于东部,西南部大都少于北部。除了西藏和新疆以外,我国低纬度地区的太阳辐射资源比高纬度地区的太阳辐射资源少,因为我国东南部沿海地区主要受潮湿海洋性气候的影响,云量大、降雨多,从而使地面接受太阳辐射年总量相应地减少<sup>[3]</sup>。而我国西北部由于受到干旱大陆性气候影响,晴天多、雨量少,地面接受太阳辐射年总量比较大<sup>[2]</sup>。

### 1.2 光伏电站发电的原理

#### (1) 光伏发电的定义

光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术。

#### (2) 光伏发电的原理

如果光线照射在太阳能电池上并且光在界面层被吸收,具有足够能量的光子能够在 P 型硅和 N 型硅中将电子从共价键中激发,以致产生电子—空穴对。界面层附近的电子和空穴在复合之前,将通过空间电荷的电场作用被相互分离。N 区的空穴向 P 区运动, P 区的电子向 N 区运动,而在电池的背光面有大量正电荷(空穴)积累。将在 P 区和 N 区之间产生一个向外的可测试的电压。

单片光伏电池就是一个薄片状的半导体 PN 结。标准光照条件下，额定输出电压为 0.48V。为了获得较高的输出电压和较大的功率容量，往往要把多片光伏电池连接在一起使用。光伏电池的输出功率是随机的，不同时间、不同地点、不同安装方式下，同一块光伏电池的输出功率也是不同的<sup>[1]</sup>。

### (3) 光伏系统发电的原理

工作原理为：在白天光照条件下，主控电路检测到太阳能电池有正常的输出，根据最大的发电功率，控制变换器，并开启充电控制电路，给蓄电池充电，同时通过逆变器变换为交流电，经由切换控制电路为家用电器提供电源。夜晚，太阳能电池停止工作，此时主控电路检测到太阳能电池无输出，则由蓄电池经过逆变器给家用电器供电。当光伏系统故障或者储存电量不够，通过切换控制电路换接到电网供电线路<sup>[3]</sup>。光伏发电系统框图如图 1-1 所示。

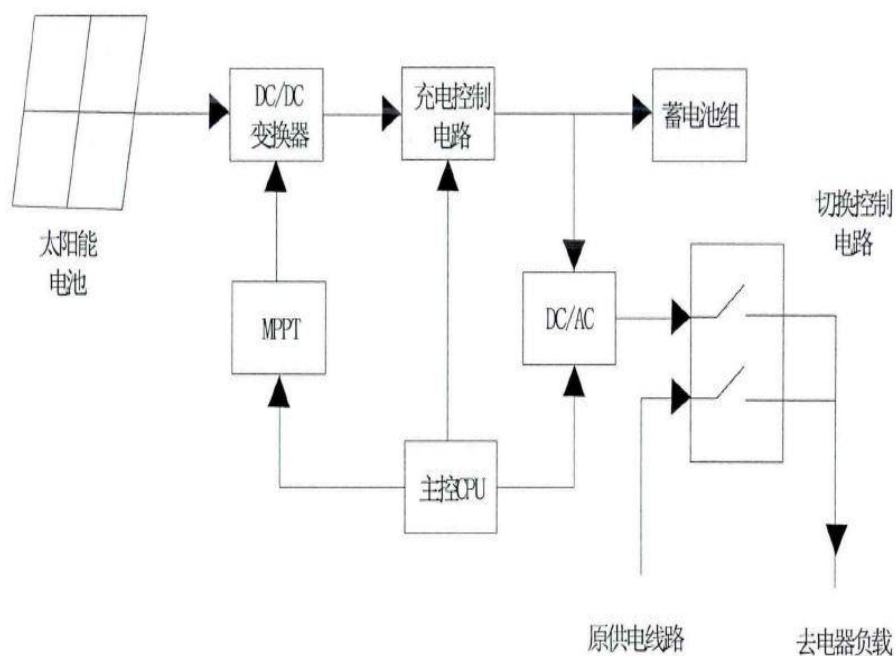


图 1-1 家用独立光伏发电系统原理

## 第二章 项目分析

### 2.1 地理位置

(1) 本并网式家庭光伏项目位于湖南西南部永州市祁阳县，建设在自家的平屋顶上。

(2) 所处位置：地处东经  $110^{\circ} 35' - 112^{\circ} 14'$ ，北纬  $26^{\circ} 02' - 26^{\circ} 51'$ 。

(3) 地形以山地、岗地、丘陵为主，地势南北高、中部低；南陲阳明山脉重峦叠嶂，北边四明山、祁山山脉起伏连绵。山地约占祁阳县总面积 41.56%，丘陵占 13.84%，岗地占 16.69%，平原占 21.80%，水面占 6.11%，是一个山地居多，平原较次，兼有岗丘的盆地县份。

(4) 祁阳县属亚热带季风湿润气候，四季分明。其特点是：春温多变，寒潮频繁；夏多暴雨，易遭洪涝；秋常干旱，气候炎热；冬少严寒，间有冰冻。年平均气温县城  $18.2^{\circ}\text{C}$ 。年均日照为 1591.9 小时；无霜期为 293 天。年平均降雨量 1275.7 毫米，最高年份达 1635.9 毫米，最少年份为 1000.3 毫米。（来源于祁阳县政府网）

### 2.2 太阳能资源分析

(1) 我国属太阳能资源丰富的国家之一，全国总面积 2/3 以上地区年日照时数大于 2000 小时。

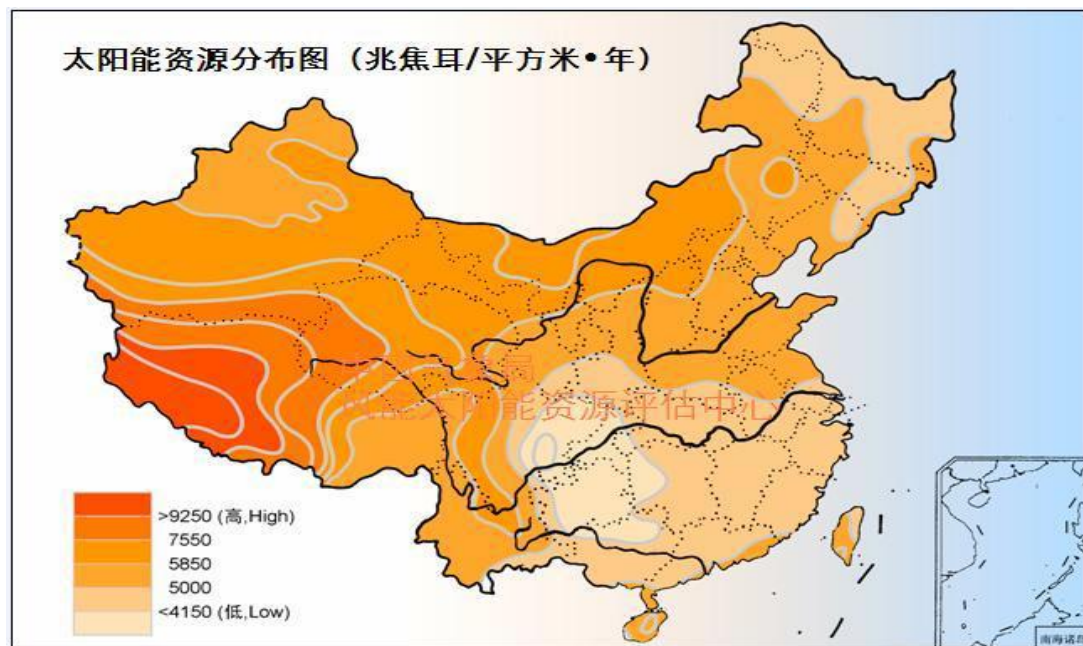


图 2-1 国内太阳能资源分布



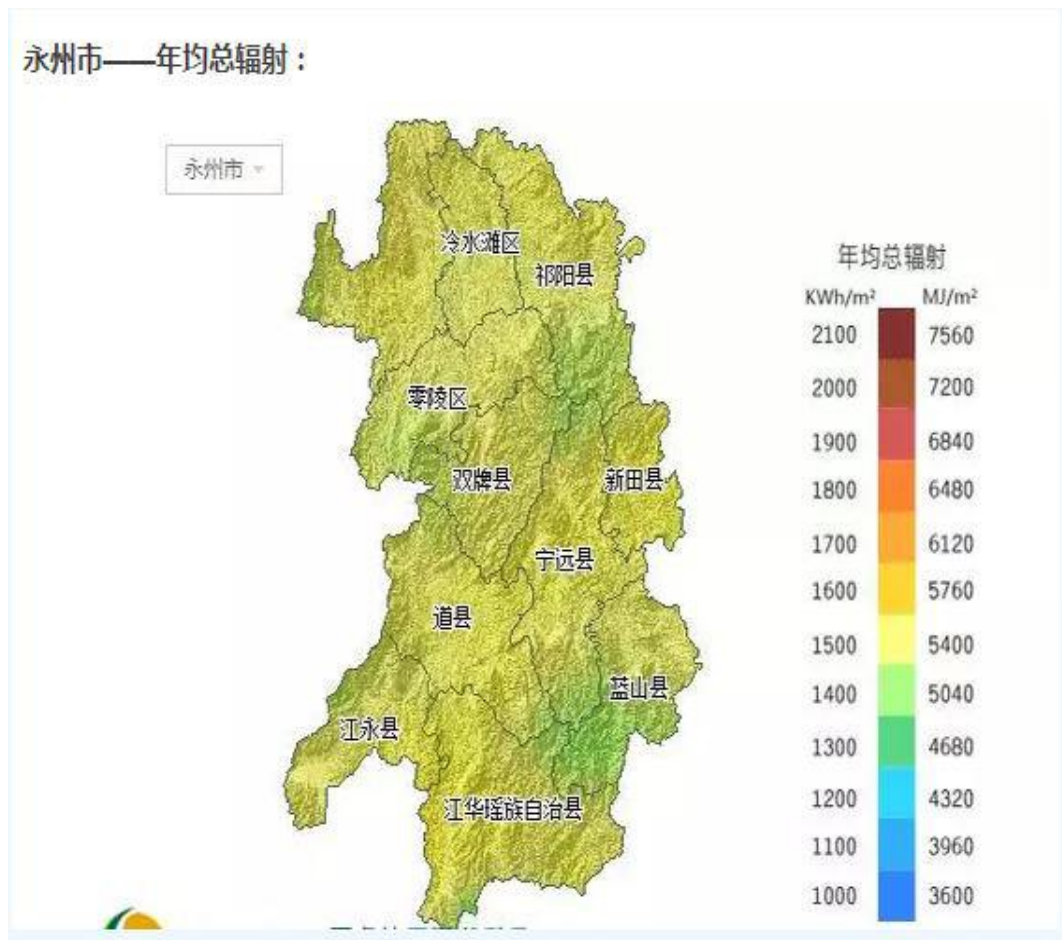


图 2-2 永州市各县年均总辐射量

(2) 我国将上图中日照辐射强度超过  $9250\text{MJ}/\text{m}^2$  的西藏西部地区以外的地区分为五类。

(3) 全年日照时数为  $3200\sim 3300$  小时，年辐射量在  $7500\sim 9250\text{MJ}/\text{m}^2$ 。相当于  $225\sim 285\text{kg}$  标准煤燃烧所发出的热量。主要包括青藏高原、甘肃北部、宁夏北部和新疆南部等地。

(4) 二类地区 全年日照时数为  $3000\sim 3200$  小时，辐射量在  $5850\sim 7500\text{MJ}/\text{m}^2$ ，相当于  $200\sim 225\text{kg}$  标准煤燃烧所发出的热量。主要包括河北西北部、山西北部、内蒙古南部、宁夏南部、甘肃中部、青海东部、西藏东南部和新疆南部等地。此区为我国太阳能资源较丰富区。

(5) 三类地区 全年日照时数为  $2200\sim 3000$  小时，辐射量在  $5000\sim 5850\text{MJ}/\text{m}^2$ ，相当于  $170\sim 200\text{kg}$  标准煤燃烧所发出的热量。主要包括山东、河南、河北东南部、山西南部、新疆北部、吉林、辽宁、云南、陕西北部、甘肃东南部、广东南部、福建南部、江苏中北部和安徽北部等地<sup>[2]</sup>。

(6) 四类地区 全年日照时数为  $1400\sim 2200$  小时，辐射量在  $4150\sim 5000\text{MJ}/\text{m}^2$ 。

相当于 140~170kg 标准煤燃烧所发出的热量。主要是长江中下游、福建、浙江和广东的一部分地区，春夏多阴雨，秋冬季太阳能资源还可以。

(7) 五类地区 全年日照时数约 1000~1400 小时，辐射量在 3350~4190MJ/m<sup>2</sup>。相当于 115~140kg 标准煤燃烧所发出的热量。主要包括四川、贵州两省。此区是我国太阳能资源最少的地区<sup>[2]</sup>。

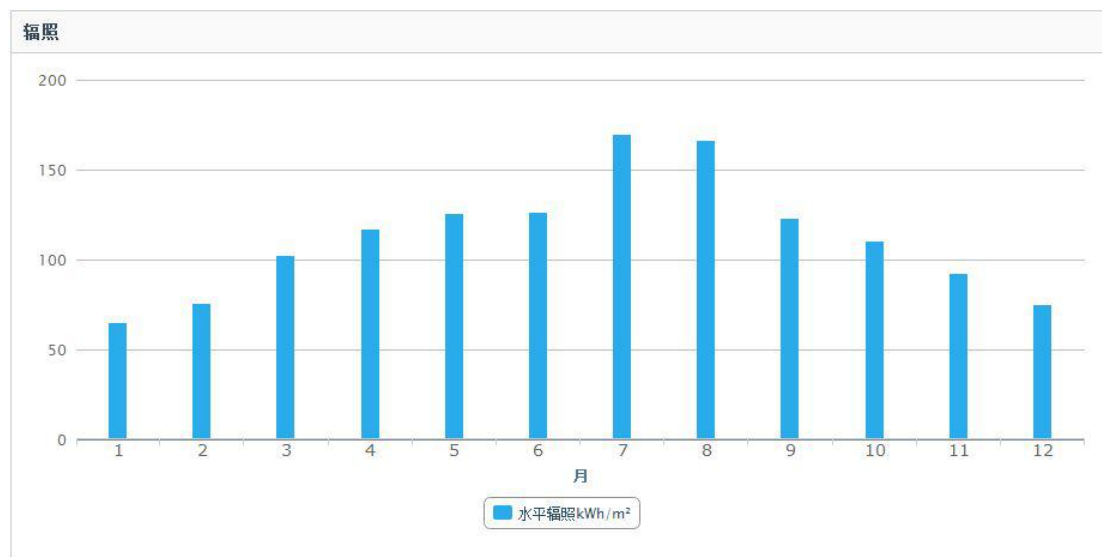


图 2-3 永州祁阳县各月份水平辐照量 (KWh/m<sup>2</sup>)

(8) 从图 2-1 和图 2-2 可以看出，湖南永州市年总辐射量位于四类地区辐射量在 4150~5000 MJ/m<sup>2</sup>，从图 2-3 可以看出 7、8 月份是辐射量最多的月份，超过 150KWh/m<sup>2</sup>，3 月到 10 月份水平辐照量都大于 100KWh/m<sup>2</sup>，月辐照量大于 50 小于 100KWh/m<sup>2</sup> 只有 1 月、二月、11 月和 12 月这四个月份。总体上来看永州祁阳县全年辐照量是比较一般的。

## 2.3 家庭建筑面积及安装容量

经过计算家庭平屋顶可以利用的面积 150m<sup>2</sup> 左右，考虑到平屋顶上还有一个小屋，以及女儿墙对光伏组件遮阳的影响。所以计划在平屋顶上安装 4kw 的光伏电站，软件模拟结果如下图 2-4 所示：

由图 2-4 可知，系统最小功率的实际值为 4.00KW, 而逆变器的额定功率为 2.52KW, 所以模拟成功，结果显示为绿色的钩图标。同上，系统大功率、系统最大电压和超尺寸系数都在额定值的范围之内。基于光伏宝的模拟结果，系统的逆变器参数和组件的参数、数量、串并联都已确定了下来，第三章项目设计对系统主要设备进行详细的介绍。

结果			
	系统核实	额定值	实际值
	系统最小功率(kW)	2.52	4.00
	系统最大功率(kW)	4.20	4.00
	系统最大电压(Vdc)	600	329.68
	超尺寸系数	1.15	1.11

图 2-4 模拟结果

## 第三章 项目设计

### 3.1 系统组成结构

光伏发电系统主要是由太阳能电池方阵，蓄电池组，充放电控制器，逆变器，交流配电柜和家庭负载组成。如图 3-1 所示：

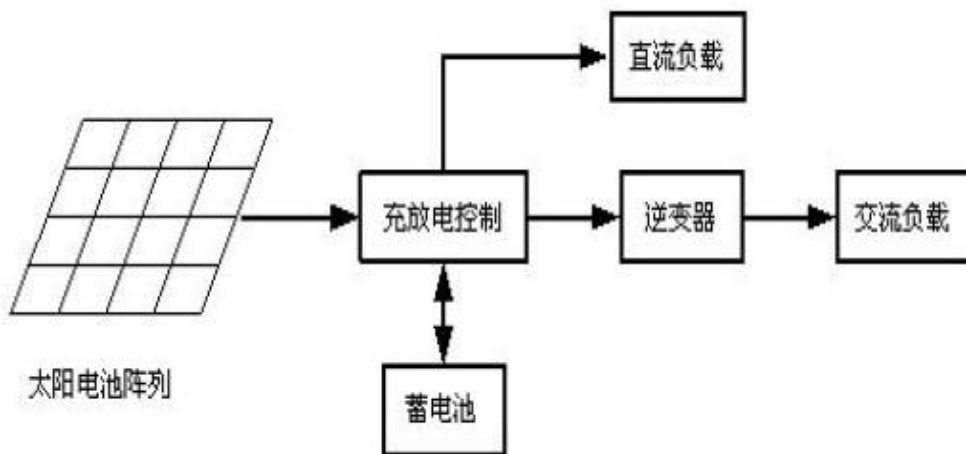


图 3-1 系统组成结构

### 3.2 光伏组件

#### (1) 太阳能电池板的选择

现在在中国市场上销售的太阳能电池按具体类型分为：晶体太阳能电池板、非晶体太阳能电池板和化学染料太阳能电池板。而其中的晶体太阳能电池又可以分为：多晶太阳能电池板和单晶太阳能电池板。多晶硅太阳能电池板的单体光电转换效率为 15%~17%，多晶硅电池的采购费用要比单晶硅电池的采购费用低，因多晶硅电池的原料成本低而且制作工艺也比单晶硅制作工艺简单，更容易批量生产，因此得到大量生产和广泛利用，同时也是中国光伏发电系统的首先产品。其中，单晶太阳能电池的变化效率最高，单体光电转换的效率已经达到了 16%~22%，是到现在为止转换效率最高的晶硅太阳能电池板，但是相对制作成本也是最贵的，这也直接导致该类太阳能电池板广泛推广的速度<sup>[3]</sup>。综合光电转换率和造价成本等客观因素，本系统采用单晶光伏组件。居民家庭使用太阳能电池板的等效电路图如图 3-2 所示：

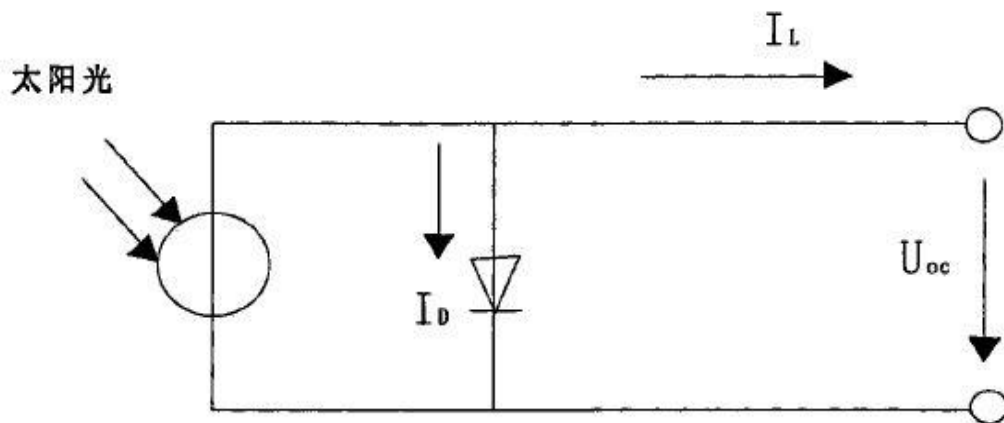


图 3-2 光伏电池等效电路图

根据家庭光伏发电项目设计要求，总装机容量为 4KW。计划采用晶科的（单晶硅）250w 的组件。采用 2 并 8 串的连接方式，共计需要 16 块组件。光伏宝模拟如图 3-3 下所示：

MPPT-1				
组串组件数量 8		组串并联数量 2		
组件数量	16个			
装机容量	4kw			
组件面积	26.19m <sup>2</sup>			
组串电压	244.8V			
超尺寸系数	0.95			
设备核实	额定数值	实际数值	单位	结果
最小电压	200	208.81	V	✓
最大电压	510	277.7	V	✓
最大开路电压	600	329.68	V	✓
最大直流电流	18.5	17.69	A	✓

图 3-3 组串模拟参数

(1)表 3-1 为 250w 晶科组件的技术参数及规格尺寸

表 3-1(单晶)晶科 250w 光伏组件技术参数

品牌	晶科能源/jinko	型号	JKM25M
组件参数			
功率 (w)	250		
采用技术	单晶硅		
峰值电压 (Vdc)	30.6		
开路电压 (Vdc)	37.6		
系统最大允许电压 (Vdc)	1000		
峰值电压温度系数 (mV)	128.52		
开路电压温度系数 (mV)	-112.80		
峰值电流 (Adc)	8.17		
短路电流 (Adc)	8.7		
电流温度系数 (mA)	4.08		
长 (mm)	1650		
宽 (mm)	992		
重量 (kg)	18.5		

### 3.3 控制器

#### (1) 光伏控制器的选型

光伏控制器要根据系统功率、系统直流工作电压、电池方阵输入路数、蓄电池组数、负载状况以及用户的特殊要求等确定光伏控制器的类型。一般来说，小功率的光伏项目系统采用单路脉冲宽度调制型控制器。选型时还应注意，控制器的功能并不是越多越好，注意选择在本系统中适用和有用的功能，放弃多余的功能，否则不但增加了成本，可能还会增添一些出现故障的几率<sup>[1]</sup>。

#### (2) 控制器的注意事项

控制器选择时要特别注意其额定工作电流必须同时大于光伏电池组件或方阵的短路电流和负载的最大工作电流。为适应将来的系统扩容，和保证系统长时期的工作稳定，建议控制器的选型最好选择高一个型号<sup>[1]</sup>。表 3-2 为光伏控制器的参数规格表。

表 3-2 柯腾 KT-1230 光伏控制器技术参数规格表

厂家		英维特
型号		ECV48-100
额定电压 (V)		DC48
额定电流 (I)		100
最大光伏组件功率 (KWp)		4.8
光伏阵列输入控制路数		4
每路光伏阵列最大电流 (A)		25
蓄电池过放保护点 (可调 V)		43.2
蓄电池过放恢复点 (可调 V)		49.0
蓄电池过充保护点 (可调 V)		58.0
负载过压保护点 (可调 V)		65.0
负载过压恢复点 (可调 V)		60.0
空载电流 (mA)		<100
电压降落	光伏阵列与蓄电池 (V)	0.3
	蓄电池与负载 (V)	
温度补偿系数 (mV/°C/2V) (可调)		-5~0
工作环境温度 (°C)		-20~+50
工作海拔高度 (m)		≤5000 (超过 1000 需按照 GB/T38592 降额使用)
尺寸 (宽*高*深) (mm)		482*177*436 (4U)

### 3.4 逆变器

逆变器在光伏发电系统中主要的作用是把直流电能 (电池、蓄电池) 转变成交流电。逆变器主要的构成是由逆变桥、控制逻辑和滤波电路三部分组成，是光伏发电系统将所发直流电变为交流电应用于家用电器的主要设备<sup>[13]</sup>。本设计方案研究的是小型光伏发电系统，主要应用在居民家庭中，一次需要的逆变器要符合操作简单，安全便捷，免于维护的特点，保证用户后期使用的可靠性<sup>[12]</sup>。

### (1) 光伏逆变器的选型

并网逆变器主要分为高频变压器型、低频变压器型和无变压器型三大类。根据本设计的系统和居民用户的实际需要,主要从安全性和效率两个方面考虑变压器的选型。三种逆变器对照如表 3-3 所示:

表 3-3 逆变器性能对照表

因素 类型	安全性	转换效率	成本价格	重量及尺寸
高频变压器型	中	低	中	中
低频变压器型	高	中	高	大
无变压器型	低	高	低	小

光伏逆变器选型时一般是根据光伏发电系统设计确定的直流电压来选择逆变器的直流输入电压,根据负载的类型确定逆变器的功率和相数,根据负载的冲击性决定逆变器的功率余量<sup>[5]</sup>。逆变器的持续功率应该大于实用负载的功率,负载的启动功率要小于逆变器的最大冲击功率。在选型时还要考虑为光伏系统将来的扩容留有一定的余量<sup>[1]</sup>,表 3-4 为本项目的逆变器参数。

表 3-4 卡科 4002 逆变器参数规格

品牌	卡科/KACO	型号	Powador 4002
逆变器参数			
最大直流输入(kW)	4.20		
额定交流输出(kW)	3.6		
最大效率(%)	95.9		
欧洲效率(%)	95.3		
最小电压(V)	200		
最大电压(V)	510		
最大直流电压(V)	600		
最大直流电流(A)	18.5		
尺寸 高×宽×深 (mm)	600*340*230		
重量(kg)	18.5		

## 3.5 家庭负载



表 3-5 为家庭负载的使用时间以及总功率。

表 3-5 家庭负载功率参数

	数量	功率	时间	电量
荧光灯	5	30W	5h/天	750Wh/天
电视/电脑	1	200W	12h/天	2400Wh/天
家用电器	1	2000W	2h/天	4000Wh/天
冰箱	1	100W	1500h/天	1500Wh/天
其它				500Wh/天
全天电量				9150Wh/天

### 3.6 蓄电池

太阳能蓄电池是蓄电池在光伏发电系统中的一个应用,主要通过白天太阳光照射到太阳能组件上,利用太阳能电池将光能转换为电能从而产生电压,再传送给智能控制器,经过智能控制器的过充过放保护,将太阳能组件传来的电能输送给蓄电池进行储存,并在阴天负载用电时将电能释放,供家用电器正常工作。

#### (1) 蓄电池的选型

当前一般运用的太阳能蓄电池主要有:铅酸免维护蓄电池、普通铅酸蓄电池,胶体蓄电池和碱性镍镉蓄电池四种。而中国国内现在市场上主要流通的电池为铅酸免维护蓄电池和胶体蓄电池,因这两种电池具有“免”维护特性而且不会造成环境的破坏,适合用于性能要求高的家庭使用的发电系统,因此被广泛推崇<sup>[8]</sup>。

蓄电池的选型一般是根据光伏发电系统设计和计算出的结果,来确定蓄电池或蓄电池组的电压和容量,选择合适的蓄电池种类及规格型号,在确定其数量和串并联连接方式等。为了使逆变器能够正常工作,同时为了给负载提供足够的能量,必须选择容量合适的蓄电池组,使其能够提供足够大的冲击电流来满足逆变器的需要,以应付一些冲击性负载如电冰箱、冷柜、水泵和电动机等在启动瞬间产生的很大电流<sup>[1]</sup>。

#### (2) 蓄电池的公式

$$\text{蓄电池总容量} \geq \frac{5h \times \text{逆变器额定功率}}{\text{蓄电池(组)额定电压}}$$

式 3-6

蓄电池的容量单位是  $A \cdot h$ ；逆变器的功率单位是  $W$ ；蓄电池的电压单位是  $V$ 。

根据本系统设计的家用光伏发电系统的相关数据，选择 12V 容量 150Ah 的铅酸蓄电池最为经济合理。其具体参数如表所示。

表 3-4 是旷鑫发展的 KS 系列蓄电池参数表。

表 3-6 旷鑫发展 KS 12-150 蓄电池参数规格

厂家	旷鑫发展
型号	KS 12-150
额定电压 (V)	12
额定容量 (AH)	150
尺寸：长*宽*高	483*170*241
总高	241
重量 (kg)	44.5
工作温度范围 (°C)	-40~60°C

蓄电池组的容量 ( $A \cdot h$ ) 等于各蓄电池容量 ( $A \cdot h$ ) \* 并联数；根据控制器的参数，采用 48V 的蓄电池组电压，用过上面的公式计算可以得出蓄电池总容量应该大于 416 ( $A \cdot h$ ) 为宜<sup>[1]</sup>。因此，根据此蓄电池的额定电压和额定容量，蓄电池组的连接方式为：3 个并联，4 个串联。图 3-6 为蓄电池组的连接方式。

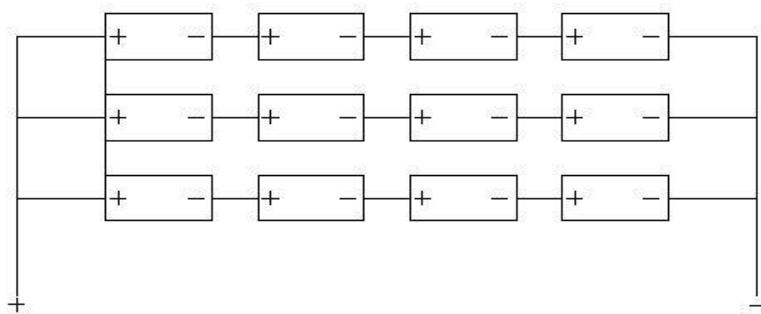


图 3-6 蓄电池连接方式

结合表 3-5 可知，每天蓄电池平均放电深度为：

$$U = \frac{9150 \text{ W} \cdot \text{h}}{220 \text{ V} \cdot 480 \text{ A} \cdot \text{h}} \approx 8.7\% \quad \text{式 3-7}$$

通过查找资料湖南永州连续阴雨天数平均为 5 天左右，蓄电池组最大放电深度设为 80%，如果碰到特殊年份连续长时间下雨的情况，只要连续阴雨天数小于 10 天，本蓄电池容量也会符合要求<sup>[13]</sup>。

### 3.7 其它辅助设备的选择

#### (1) 电缆的选择

现在一般家庭的家用电缆规格  $1\text{mm}^2$  或者  $2.5\text{mm}^2$ ，根据《中华人民共和国电力行业标准》和《电力工程电缆设计规范》，一般情况下导线线径的计算公式为：

$$S = \frac{IL}{r} u' \quad \text{式 3-8}$$

式中：S 为导线的截面积；I 为导线中通过的最大电流；L 为导线回路的长度；r 为导电率； $u'$  为允许的电降<sup>[6]</sup>。

其中导电率铜取 57, 铝取 34, 而各个家庭的导线回路的长度不确定, 所以无法最后确定。而在居民用发电系统中, 选择电缆考虑的因素还有: 电缆的绝缘性、耐热阻燃性、防潮性、防光性、敷设方式、电缆芯类型、大小规格等。当前施工企业安装的家用发电系统室外部分统一选用光伏电缆, 这是一种专门用于光伏发电设备的电缆, 其主要特点是: 结构简单, 其使用的聚稀经绝缘材料具有极好的耐热、耐寒、耐油、耐紫外线, 可在恶劣的环境条件下使用, 具备一定的机械强度。但是光伏电缆的电阻值相对较高, 并不适合一般的家庭使用。综合上述内容, 本系统的设计方案选择在室外太阳能电池的连接等室外用电, 都采用光伏线缆, 但是室内用线才有一般  $2.5\text{mm}^2$  的常规电缆<sup>[3]</sup>。

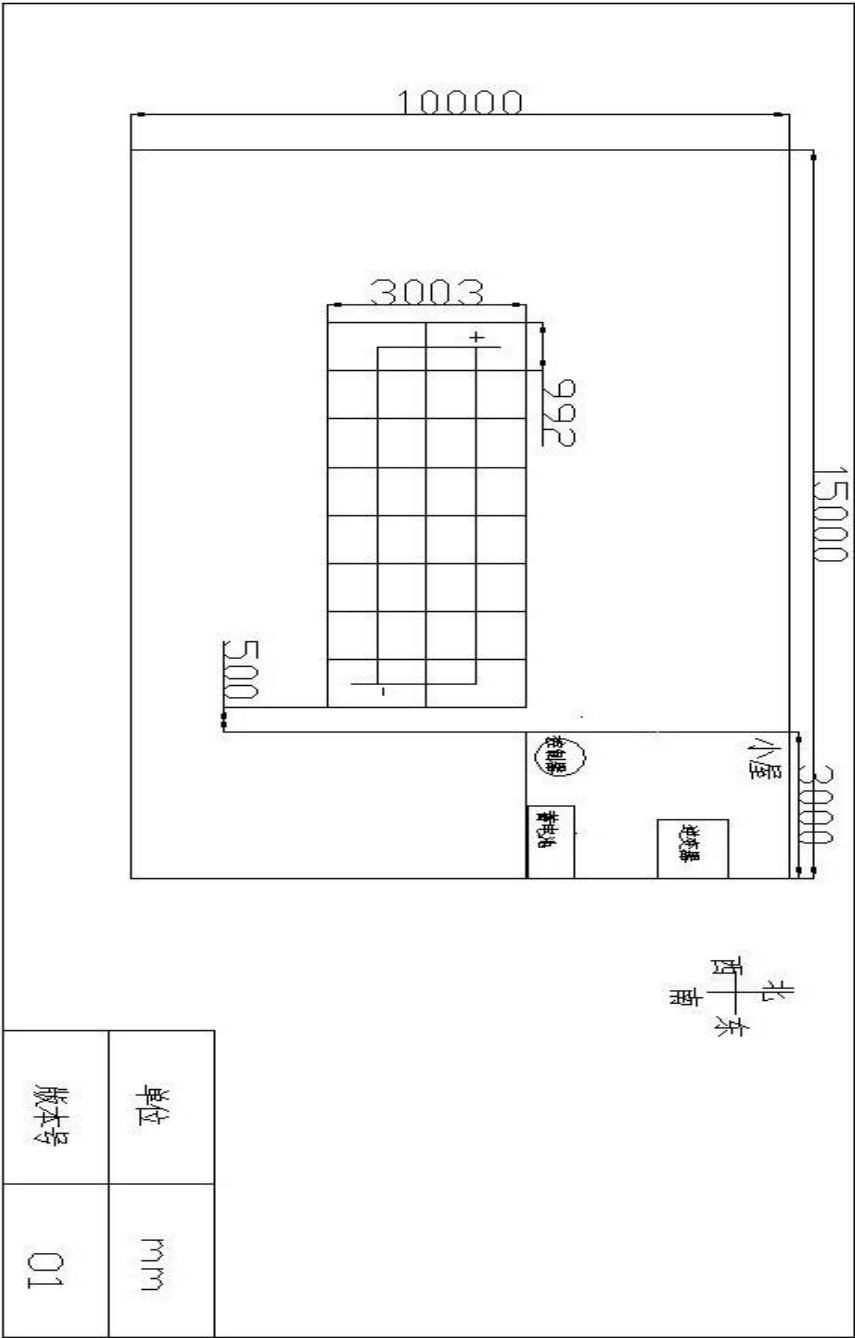
## (2) 电缆的选择结果

根据设计和实际现场的要求, 选用 ECHU(易初) 光伏线缆, 该类电缆具有一定的耐寒性和抗氧化性, 预防紫外线、臭氧等气候因素对电缆的影响, 而且对于其安装用户室外这一特点, 该电缆还有一定的阻燃特性而且使用寿命长, 平均使用年限为年, 具体产品如图 3-7 所示:



图 3-7 易初光伏电缆

3.7 系统设计图



光伏阵列间距计算公式为：

$$D = \frac{0.707 H}{\tan[\arcsin(0.648 \cos \phi - 0.399 \sin \phi)]} \quad (\text{式 3-1})$$

通过计算的一些参数如下表 3-6；

表 3-6 系统设计参数规格

楼顶面积 (m <sup>2</sup> )	150
组件连接方式	2 并 8 串
长 (mm)	15000
宽 (mm)	10000
组件尺寸:长*宽 (mm)	1650*992
小屋高 (mm)	2500
小屋与方阵间距 (mm)	≥4038
女儿墙高 (mm)	1000
女儿墙与方阵间距 (mm)	≥1615.2
方阵斜边的水平距离 (mm)	3003
方阵长 (mm)	7936

系统电气图如 3-8 所示：

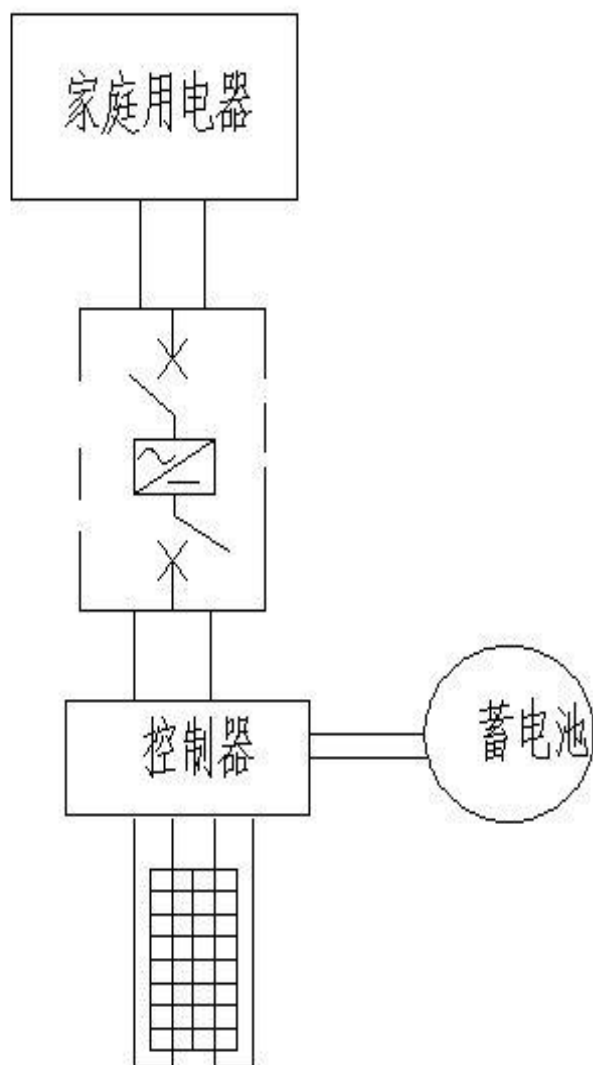


图 3-8 系统电气图

## 第四章 项目仿真

通过光伏宝模拟软件的计算，仿真结果如下图 4-2 所示，以最佳倾斜角  $24^{\circ}\text{C}$  为例，水平辐照年总值为  $1348.06\text{ (KWh/m}^2\text{)}$ ，倾斜角辐照年总值为  $1449.18\text{ (KWh/m}^2\text{)}$ ，年总发电量为  $4336.06\text{ (KWh/KWp)}$ ，每千瓦发电量为  $1084.01\text{ (KWh/KWp)}$ 。平均每天大约可以发  $11.88\text{KWh}$ ，家庭用电每天消耗  $9.15\text{KWh}$ 。理论上应该可以满足家庭用电的需求。

选择逆变器

朝向: 正南

倾角: 24

电价 (元): 0

最佳倾角: 24

逆变器参数:

组件厂商: 晶科能源/Jinko

组件型号: JK1M250M

组件装机容量 (kW): 4.00

组件数: 16

逆变器厂商: 卡科/KACO

逆变器型号: KACO

计算

加入设计

结果:

水平辐照年总值 (kWh/m <sup>2</sup> ):	1348.06
倾斜角辐照年总值 (kWh/m <sup>2</sup> ):	1449.18
年总发电量 (kWh):	4336.06
每千瓦发电量 (kWh/kWp):	1084.01
电价 (元/kWh):	0
年收益 (元):	0

图 4-2 光伏方阵模拟仿真发电量



## 第五章 光伏系统造价

离网式家庭光伏发电设计系统的造价主要包括光伏组件、光伏控制器、蓄电池、逆变器、连接线、和施工的费用等等。下表 5-1 是本系统设备主要的造价表。

表 5-1 光伏系统造价清单

设备/器件	型号	数量	单价（元）	总价（元）
光伏组件	晶科/JKM25M	16	1200	19200
光伏控制器	ECV48-100	1	6800	6800
蓄电池	KS 12-50	12	840	10080
逆变器	Powador 4002	1		4200
光伏电缆	PV1-F2. 5mm2	10m	4	40
水泥墩子		8	30	240
钢材支架		10 根	32	320
工程安装费用				1000
系统总价（元）				41880

## 第六章 总结

### 6.1 本光伏系统的优点

(1) 由于是离网式光伏电站设计，不需要找电力公司接入公共电网，所以不受光伏政策的影响；

(2) 与并网式光伏电站相比，本系统不受公共电网断电的影响，基本可以保证全年都有电用。

### 6.2 与普通家庭的比较

本系统总价 4 万元左右，假设普通家庭每月平均电费为 300 元，大约 11 年就可以与普通家庭电费持平，本光伏电站还有一些局限性，当蓄电池组被充满的时候，会造成剩余电量的浪费。

通过论文的撰写，我的理论知识有了很大的提高，除此之外我还认识到了实际工作和理论紧密结合的重要性。在未来的工作中这些坚实的理论基础和技术支持一定会发挥不可忽视的重要作用。在了解各个设备型号的过程中，我的分析问题和解决问题的能力也有了很大的提高。鉴于时间的仓促性以及本人有限的水平，希望各位老师对本文中不足之处提出宝贵的意见。

## 致 谢

时光飞逝，转眼间三年大学生活已接近尾声，在此想对关心我们、鼓励我们、教育我们的老师和同学们说声谢谢！也感谢湖南理工职业技术学院给了我在大学学习的机会。总结三年的感受：大学是我成长最快的时期，大一的时候也迷茫过，后来很幸运，在网上看了一些有趣的书，大二找到了自己的爱好和目标。毕业是结束也是开始，我将不忘初心，一步一步坚持走下去，成为更好的自己。

在本次论文的撰写中，我得到了曾小波老师的精心指导，不管是从开始定方向还是在查资料准备的过程中，一直都耐心地给予我指导和意见，使我在总结学业及撰写论文方面都有了较大提高；同时也显示了老师高度的敬业精神和责任感。在此，我对曾小波老师表示诚挚的感谢以及真心的祝福。

本文谬误之处在所难免，恳请各位老师提出宝贵意见和建议。

### 参考文献

- [1]廖东进, 黄建华主编. 光伏发电系统集成与设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [2]崔占良, 杨文娜. 家庭光伏发电的现状 & 前景探究[J]. 资源节约与环保, 2014, 06:71-72.
- [3]林琳. 大连地区家用光伏发电系统研究[D]. 大连理工大学, 2014.
- [4]杨雪蛟. 家庭并离网一体光储系统的能量管理系统研究[D]. 东华大学, 2015.
- [5]赵宝昌. 家庭型光伏电站控制技术的研究[D]. 华北电力大学, 2012.
- [6]李铁钢. 基于 PVSYST 的家庭独立光伏发电系统设计[J]. 企业技术开发, 2013, 10:15-16.
- [7]杨鲲鹏. 分布式光伏新天地在农村[N]. 中国电力报, 2016-05-07009.
- [8]甘天文. 新能源联合发电供电系统优化设计[J]. 能源与节能, 2016, 04:82-83.
- [9]张海龙. 中国新能源发展研究[D]. 吉林大学, 2014.
- [10]袁见. 中国太阳能光伏产业政策效应研究[D]. 辽宁大学, 2013.
- [11]张宪昌. 中国新能源产业发展政策研究[D]. 中共中央党校, 2014.
- [12]熊连松, 刘小康, 卓放, 谢亦丰, 祝明华, 张海龙. 光伏发电系统的小信号建模及其控制器参数的全局优化设计方法[J]. 电网技术, 2014, 05:1234-1241.
- [13]苏成博. 离网型光伏电站的设计与功率预测[D]. 新疆大学, 2014.
- [14]王雨. 光伏发电在我国农村及偏远地区的推广与利用研究[D]. 中国农业科学院, 2012.